

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000256784
PUBLICATION DATE : 19-09-00

APPLICATION DATE : 10-03-99
APPLICATION NUMBER : 11063616

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : AIHARA SHUJI;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/14 C22C 38/58

TITLE : THICK STEEL PLATE FOR HIGH TOUGHNESS AND WEAR RESISTANT MEMBER

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thick steel plate for a high toughness and wear resistant member used for the wear parts of crushing and grinding machines for industrial waste and various construction equipments, etc.

SOLUTION: This steel plate is the one having a compsn. contg., by weight, >0.20 to 0.40% C, 0.2 to 1.0% Si, 0.2 to 2.0% Mn, $\leq 0.020\%$ P, $\leq 0.010\%$ S, $\leq 0.010\%$ Al, 0.005 to 0.30% Ti, $\leq 0.30\%$ V also 0.05 to 0.40% Ti+V, 0.01 to 0.10% Nb, 0.0002 to 0.0050% Mg, 0.003 to 0.020% N, 0.0005 to 0.0080% O, and the balance Fe with inevitable impurities and contg. composite precipitates of 0.1 to 1 μm size, and, with MgO of 0.005 to 0.1 μm particle size as the nuclei, contg. the carbides and nitrides of one or \geq two kinds among TiC, TiN, VC and VN around them by $\geq 5 \times 10^3$ pieces per square mm.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-256784

(P2000-256784A)

(43) 公開日 平成12年9月19日 (2000.9.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テ-71-ト* (参考)

C 2 2 C 38/00

3 0 1

C 2 2 C 38/00

3 0 1 H

38/14

38/14

38/58

38/58

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平11-63616

(22) 出願日

平成11年3月10日 (1999.3.10)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 熊谷 達也

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

(72) 発明者 栗飯原 周二

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(74) 代理人 100059096

弁理士 名嶋 明郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 高韌性耐摩耗部材用厚鋼板

(57) 【要約】

【課題】 産業廃棄物の破碎・粉碎機や各種建設機械などの摩耗部品に用いられる高韌性耐摩耗部材用厚鋼板を提供する。

【解決手段】 重量%で、C:0.20%超0.40%以下、Si:0.2%以上1.0%以下、Mn:0.2%以上2.0%以下、P:0.020%以下、S:0.010%以下、Al:0.010%以下、Ti:0.005%以上0.30%以下、V:0.30%以下で、且つTi+Vが0.05%以上0.40%以下、Nb:0.01%以上0.10%以下、Mg:0.0002%以上0.0050%以下、N:0.003%以上0.020%以下、O:0.0005%以上0.0080%以下を含み、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成を有し、粒子径が0.005~0.1 μ mのMgOを核としてその周辺にTiC、TiN、VC及びVNの1種又は2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1~1 μ mの複合析出物を1平方mmあたり 5×10^3 個以上含む高韌性耐摩耗部材用厚鋼板。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量％で、C：0.20％超、0.40％以下、Si：0.2％以上、1.0％以下、Mn：0.2％以上、2.0％以下、P：0.020％以下、S：0.010％以下、Al：0.010％以下、Ti：0.005％以上、0.30％以下、V：0.30％以下で、かつTi+Vが0.05％以上、0.40％以下、Nb：0.01％以上、0.10％以下、Mg：0.0002％以上、0.0050％以下、N：0.003％以上、0.020％以下、O：0.0005％以上、0.0080％以下を含み、残部Feおよび不可避免の不純物からなる組成を有する厚鋼板からなる耐摩耗部材であって、粒子径が0.005～0.1 μm のMgOを核としてその周辺にTiC、TiN、VCおよびVNの1種または2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1～1 μm の複合析出物を1平方mmあたり 5×10^3 個以上含むことを特徴とする高韌性耐摩耗部材用厚鋼板。

【請求項2】 請求項1の鋼に、さらに重量％で、Cu：1.0％以下、Cr：3.0％以下、Mo：2.0％以下、B：0.0005％以上、0.005％以下からなる強化元素群および韌性向上元素であるNi：5.0％以下のうちの1種または2種以上を含み、残部Feおよび不可避免の不純物からなる組成を有する厚鋼板からなる耐摩耗部材であって、粒子径が0.005～0.1 μm のMgOを核としてその周辺にTiC、TiN、VCおよびVNの1種または2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1～1 μm の複合析出物を1平方mmあたり 5×10^3 個以上含むことを特徴とする高韌性耐摩耗部材用厚鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、産業廃棄物の破碎・粉砕機や各種建設機械などの摩耗部品に用いられる、高韌性耐摩耗部材用厚鋼板に関する。

【0002】

【従来の技術】資源リサイクルの重要性が高まるなか、自動車や電化製品等の産業廃棄物の破碎、粉砕をいかに効率的にかつ経済的に行なうかがますます重要な課題となっている。これらの破碎、粉砕機にはさまざまな耐摩耗部材が用途にあわせて使用されているが、使用環境が過酷なため、頻繁に交換が必要となる部材も多く、その耐久性向上と低コスト化は、産業廃棄物処理コスト低減にとっても大きな課題である。

【0003】例えば産業廃棄物シュレッダーでは、破碎、粉砕処理中の雰囲気温度が200～300℃まで高くなることがあり、そこに用いられているライナー材等は、破碎、粉砕の際の激しい衝撃を受けるため著しいガウジング摩耗が生じる。そして、このような部材が最終的に使用できなくなるのは、ある程度摩耗が進行して板厚が減少してきた際に、衝撃によって割れを生じるためであることが多い。また、建設機械等に用いられる耐摩耗部材においても摩擦熱のために表面温度が300℃程度以上になることもあり、やはり減厚してきたときに割れが生

じることで寿命が決定される場合が多い。したがって、このような過酷な環境において部材の耐久性を高めるためには、例えば300℃程度の高温域においても十分に高い耐摩耗性を有して、かつ摩耗により減厚されても容易に割れを生じないための高い韌性を有することが重要となる。

【0004】高温域で高い耐摩耗性を得るには、高温での硬さを高くすることが有効である。そのため、高温で用いられる耐摩耗部材には、Cの他、Si、Cr、Mo等の合金元素が多く添加される。その例として、低合金系の鑄造材料（例えば、特開昭52-86916、特開昭54-118320、特開平1-219145など）があるが、C、Si、Cr等の合金元素が高いことから、ある程度韌性を高めるためには鍛造工程を必要とするために製造コストが高くなる。熱間圧延で製造できる鋼材で、特開昭59-107066は高温耐摩耗性と韌性に優れると称されるものであるが、高温耐摩耗性を重視しているために、素地の硬さを高めるC、Siの含有量を、熱間圧延材としてはかなり高くしており、さらに高温硬さを向上させるCr、Mo多く添加されている。これらはいずれも韌性を低下させる元素であり、著しいガウジング摩耗が生じるような過酷な環境を考慮すると、韌性は十分ではないと推定される。また、特開平3-343743は中常温域で高い強度を有する鋼と称されるものであるが、その記載内容には韌性値についてはふれられておらず、Siが高いことから韌性値は高くないものと推察される。

【0005】高温でも安定な炭化物や窒化物など高硬度の析出物をマトリックス中に生成させることは、常温硬さをあまり上げないで高温硬さを高めることができるので、韌性を低下させないで高温での硬さを高める方法として有効である。しかし、これらの析出物は多く添加すると粗大になる傾向があり、それが破壊の発生起点となって韌性を低下させる。そのために高硬度析出物の利用には限界があった。

【0006】したがって、摩擦熱や雰囲気温度によって材料温度が高温にさらされる過酷な環境下において、それに耐える十分な高温耐摩耗性と、かつ摩耗により減厚されても割れを生じないための高い韌性をあわせて有し、さらに消耗品として考えた場合にその耐久性と価格のバランスからみて満足できる鋼材はこれまでなかったといえる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、高温域における優れた耐摩耗性と高い韌性を兼ね備える部材用厚鋼板（板厚6mm以上）を提供することを課題とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】発明者らは、高温域での耐摩耗性を大幅に向上させるための手段として、種々の炭化物および窒化物などの高硬度析出物に着目し、高温

での硬さと靱性とを両立させるために、これら高硬度析出物をマトリックス中に多量に微細分散させる方法を種々検討した。その結果、Mg酸化物(MgO)を利用することにより、TiC、TiN、VC、VNの高硬度析出物を多量にかつ微細均一に析出させることができること、特定範囲の大きさのこれら高硬度析出物を一定数以上分散析出させることにより、靱性を低下させないで高温での硬さを大幅に向上させ得ることを知見した。

【0009】本発明の要旨は、(1)重量%で、C:0.20%超、0.40%以下、Si:0.2%以上、1.0%以下、Mn:0.2%以上、2.0%以下、P:0.020%以下、S:0.010%以下、Al:0.010%以下、Ti:0.005%以上、0.30%以下、V:0.30%以下で、かつTi+Vが0.05%以上、0.40%以下、Nb:0.01%以上、0.10%以下、Mg:0.0002%以上、0.0050%以下、N:0.003%以上、0.020%以下、O:0.0005%以上、0.0080%以下を含み、残部Feおよび不可避免の不純物からなる組成を有する厚鋼板からなる耐摩耗部材であって、粒子径が0.005~0.1 μ mのMgOを核としてその周辺にTiC、TiN、VCおよびVNの1種または2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1~1 μ mの複合析出物を1平方mmあたり 5×10^3 個以上含むことを特徴とする高靱性耐摩耗部材用厚鋼板。

【0010】(2)(1)の鋼に、さらに重量%で、Cu:1.0%以下、Cr:3.0%以下、Mo:2.0%以下、B:0.0005以上、0.005%以下からなる強化元素群、および靱性向上元素であるNi:5.0%以下のうちの1種または2種以上を含み、残部Feおよび不可避免の不純物からなる組成を有する厚鋼板からなる耐摩耗部材であって、粒子径が0.005~0.1 μ mのMgOを核としてその周辺にTiC、TiN、VCおよびVNの1種または2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1~1 μ mの複合析出物を1平方mmあたり 5×10^3 個以上含むことを特徴とする高靱性耐摩耗部材用厚鋼板である。

【0011】以下、本発明について詳細に説明する。靱性を低下させないで高温での硬さを向上させるために炭化物や窒化物などの高硬度析出物を活用するためには、それら高硬度析出物をマトリックス中に多量にかつ微細均一に分散析出させることが必要である。発明者らは、種々検討を重ねた結果、微細な酸化物をあらかじめ微細分散させておき、そこに炭化物や窒化物を生成する元素を添加する方法で、酸化物を核とする炭化物および窒化物の複合析出物が生成する場合があり、この複合析出物は非常に微細均一に生成し得ることを知見した。さらに元素の組み合わせについて検討を重ねた結果、核となる酸化物としてMgO、炭化物および窒化物を生成する元素としてTiおよびVが特に有効であることを知見した。

【0012】すなわち、MgOをあらかじめ多量に微細分散析出させ、そこにTiまたはVを添加することで、MgOを核とするTiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物が均一に生成し、これらはTiおよびVを多量に添加した場合に

も粗大化が抑制される。MgOはNaCl型の立方晶の結晶構造を有するものであり、その格子定数は4.21オングストロームである。一方、TiC、TiN、VC、VNもいずれも、NaCl型の立方晶の結晶構造を有し、格子定数はTiCが4.38オングストローム、TiNが4.24オングストローム、VCが4.16オングストローム、VNが4.13オングストローム、といずれもMgOに近い。そのため、鋼中にMgOが分散しており、固溶状態のTiおよびVとC、Nが存在していれば、MgOの上にTiC、TiN、VC、VNが容易に析出できるものと考えられる。そのためMgOが存在していない場合のTiC、TiN、VC、VNの析出に比べて、MgOを核とするTiC、TiN、VC、VN等の複合析出物ははるかに微細に析出するものと発明者らは考えている。Mgは酸素との結びつきが強く、溶媒の濃度を制御すれば微細なMgOを容易に析出させられることと、TiC、TiN、VC、VNとのいずれとも格子定数が近いことから、本発明の目的にはMgOを複合析出物の核とすることが最適であると本発明者らは考えている。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明では、Mg酸化物の粒子径を0.005~0.1 μ mに限定している。これは、0.005 μ m未満ではTiC、TiN、VC、VNとの複合析出が困難になり、逆に0.1 μ m超では多量の微細分散析出が困難になるためである。また、MgOを核とするTiC、TiN、VC、VNとの複合析出物のサイズを0.1~1 μ mに、その個数を1平方mmあたり 5×10^3 個以上に限定している。これはサイズが0.1 μ m以下、あるいは個数が1平方mmあたり 5×10^3 個未満では、耐摩耗性を向上させる効果が顕著でなく、またサイズが1 μ m超では破壊起点となりやすく、靱性低下の原因となり得るからである。ここで、MgOを核とするTiC、TiN、VCおよびVNとの複合析出物と呼んでいるものは、TiC、TiN、VC、VNがそれぞれ単独でMgO上に析出しているものと、TiC、TiN、VC、VNのうちの2種以上が同時にMgO上に析出しているものを含む。MgOを核とするTiC、TiN、VC、VN等の複合析出物の個数は、例えば鋼板から抽出レプリカを採取し、透過型電子顕微鏡で観察するなどの方法で測定し、1平方mm当たりの個数に換算した。

【0014】上記のようなサイズおよび個数の析出物を鋼中に分散させるためには、Al、Mg、Oを下記のように限定し、かつTiおよびVを下記範囲で含有することが望ましい。

Al:Alは、0.010%以下とする。これは、Alを0.01%超とするとアルミナ主体の酸化物が増加し、MgOの生成が抑制されるためである。MgOを微細、均一に分散させるためには、Alは0.005%以下とすることがより好ましい。

【0015】Mg:Mgは、0.0002%以上、0.0050%とする。0.0002%未満では、TiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物を微細化させるのに十分なMgOが得られない。また、0.0050%超ではMgOが粗大になり、靱性を低下させ

る原因になる。TiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物を微細化させるのに十分なMgOを得るためには、Mgは、さらに望ましくは0.0010%以上、0.0030%以下とする。

【0016】O：Oは、0.0005%以上、0.0080%以下とする。0.0005%未満では、TiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物を微細化させるのに十分なMgOが得られない。また、0.0080%超ではMgOが粗大になり、靱性を低下させる原因になる。TiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物を微細化させるのに十分なMgOを得るためには、Oは、さらに望ましくは0.0015%以上、0.0040%以下とする。

【0017】TiおよびV：Ti+Vが0.05%未満では耐摩耗性を向上させるのに十分な複合析出物を得られない。また、Ti、Vそれぞれ単独で0.30%を超えるか、Ti+Vの量が0.40%を超えると、1 μ m超の粗大析出物が生成しやすく、靱性を低下させる場合がある。また、Tiは複合析出物を生成させる目的以外にも、脱酸元素として少なくとも0.005%の添加が必要である。そのため、Tiを添加する範囲は0.005%以上、0.30%以下、Vを添加する範囲は0.30%以下とし、かつTi+Vの量を0.05%以上、0.40%以下とする。Tiの添加については、特にTiを0.015%以上添加する場合に、添加方法に留意が必要である。溶網へのTi添加は、溶網のO濃度を0.010%以下とした状態で、まず0.005%以上、0.015%以下を添加して脱酸を行ない、引き続いてMgを添加して微細なMgOを鋼中に生成させ、その後に残りのTiを添加するようにする。これは、0.015%超のTiをMgより先に添加した場合には、MgOの微細分散が不十分となり、その結果、MgOを核とするTiCおよびTiNが微細分散析出しないためである。

【0018】さらに、Al、Mg、O、Ti、V以外の元素の本発明の鋼成分の限定理由を述べる。

C：Cは鋼の常温および高温硬さを上昇させ、耐摩耗性を高めるうえで重要である。本発明では、TiC、TiN、VC、VNなどの高硬度の析出相の効果によって、C量は低めに抑えるが、それでも0.20%以下では十分な耐摩耗性を維持できない。また、0.40%を超えると延性および靱性が低下するので、C含有量は、0.20%超、0.40%以下に限定した。

【0019】Si：Siは常温硬さを上昇させるとともに、鋼の軟化抵抗を高めることから、400℃程度までの高温での耐摩耗性向上に効果もある。0.2%未満ではこの効果は少なく、逆に1.0%を超えると靱性を低下させるので、Siの含有量を0.2%以上、1.0%以下とした。

【0020】Mn：Mnは焼入性を高めて硬度を上昇させるので耐摩耗性には有効である。0.2%未満の添加では硬さ上昇はあまり大きくなく、また2.0%を超えて添加すると靱性を低下させる。このため含有量は0.2%以上、2.0%以下とする。

【0021】Nb：Nbは圧延前の加熱時におけるオーステナイト粒の粗大化抑制と再結晶温度を高める効果によって制御圧延の効果を助長して結晶粒の微細化に寄与し、

靱性向上のために必要である。この効果を発揮するためには0.01%以上の添加が必要である。ただし、0.10%を超えて添加すると、粗大なNb析出物を生じてかえって靱性が低下する。このためNb含有量は0.01%以上、0.10%以下とした。

【0022】N：NはTiまたはVと結びついてTiNまたはVNを生成する。0.003%未満ではTiNまたはVNの生成が不十分であるが、0.020%超ではTiNまたはVNは粗大になりやすく、靱性を低下させる。従ってNの含有量は0.003%以上、0.020%以下とする。

【0023】以上は本発明における鋼の基本成分であるが、さらに本発明では上記成分の他に、Cu、Cr、Mo、B、Niのうち一種または二種以上添加することができる。

Cu：Cuは硬さを高めて耐摩耗性を向上させる。しかし、多量の添加は靱性からはかえって有害となるため、Cuを添加する場合の上限を1.0%とした。

Cr：Crは高温耐摩耗性向上効果が大きい元素である。しかし、多量の添加は靱性からはかえって有害となるため、Crを添加する場合の上限を3.0%とした。

Mo：Moも高温耐摩耗性向上効果が大きい元素である。しかし2%を超えると靱性に対しては有害となるので、Moを添加する場合の上限を2.0%とした。

B：Bは焼入性を高めて硬さを上昇させ、高温耐摩耗性向上にも寄与する。その効果を発揮するには0.0005%以上必要であるが、0.005%超では靱性を低下させる。したがって、Bの含有量は0.0005%以上、0.005%以下とする。

Ni：Niは高温耐摩耗性にはあまり寄与しないが、靱性向上には有効である。ただし、あまり多量に添加するとオーステナイトが生成して耐摩耗性を低下させるので、Niを添加する場合の上限を5%とした。下限は特に限定するものではないが、靱性を向上させるには1%以上の添加が好ましい。

【0024】上記の成分の他に不可避的不純物として、P、Sは、靱性を低下させる有害な元素であるので、その量は少ないほうが良く、P：0.020%以下、S：0.010%以下、さらに望ましくはP：0.010%以下、S：0.005%以下とする。

【0025】鋼の製造方法は、本発明鋼ではMgOを核とするTiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物が所定量存在すれば良いので、鑄造後の加熱、圧延、熱処理条件は適宜選択すれば良い。

【0026】

【実施例】表1に示す組成を有する鋼を溶製して得られた鋼片を、表2に示す本発明と比較法のそれぞれの製造条件に基づいて板厚6mm～100mm鋼板に製造した。これらについて母材の靱性と、常温および高温硬さ、0.1～1 μ mのMgOを核とするTiC、TiN、VC、VNとの複合析出物の個数、および耐摩耗性について調査した。靱性は

-40℃におけるシャルピー衝撃試験の吸収エネルギー値で評価した（JIS Z2201 4号試験片、試験片の板厚方向採取位置：1/4t、試験片採取方向は板厚方向に直角）。硬さ測定はビッカース硬さ試験方法（JIS Z2244）により、常温硬さは25℃、高温硬さは300℃で測定した。MgOを核とするTiC、TiN、VCおよびVNの複合析出物の個数は、鋼板から抽出レプリカを採取して透過型電子顕微鏡で観察し、1平方mm当たりの個数に換算した。耐摩耗性は、同一形状試験片について、25℃で1時間、および雰囲気温度300℃の炉内で30分間のガウジング摩耗試験を行ない、試験片の摩耗減量を測定し、同時に測定した標準試験片（SM400）の摩耗減量との比（標準試験片の摩耗減量/試験材の摩耗減量）により評価した。この指数が高いほど高い耐摩耗性を示すことになる。

【0027】表中、下線を付した数値は、本発明外の成分値および特性が不十分なものを示す。MgOを核とするTiC、TiN、VCおよびVNの0.1～1μmの大きさの複合析出物の個数が1平方mmあたり 5×10^3 個以上である。

本発明鋼（表2のA～I）においては、靱性、常温および高温耐摩耗性とも高いレベルにある。これに対し、本発明により限定された化学組成範囲を逸脱した比較鋼においては、鋼JはC量が低いため常温および高温耐摩耗性が低い。また、鋼KはCが高いため、鋼PはAlが高いため、鋼QはTiが低いため、鋼RはTiが高いため、鋼SはTi+V量が低いため、鋼WはMgが低いため、鋼XはMgが高いため、鋼YはNが高いため、鋼ZはOが高いため、それぞれMgを核とする複合析出物の個数が少なく、そのため特に高温耐摩耗性が低い。このうち、鋼K、鋼Q、鋼R、鋼S、鋼W、鋼X、鋼Y、鋼Zは粗大析出物のため靱性も低い。また、鋼LはSiが、鋼MはMnが、鋼NはPが、鋼OはSが、鋼VはNbがそれぞれ高いため靱性が低い。鋼UはNb量が低いため靱性が低く、また鋼TはTi+Vが高いため靱性が低い。

【0028】

【表1】

	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	V	Ti+V	Nb	Mg	N	O	Cu	Ni	Cr	Mo	B
本 発 明 鋼	A	0.26	0.35	1.15	0.007	0.002	0.003	0.25	0.001	0.25	0.02	0.0012	0.006	0.0018				
	B	0.35	0.58	0.63	0.009	0.002	0.005	0.012	0.12	0.13	0.02	0.0031	0.005	0.0009				
	C	0.26	0.89	0.29	0.008	0.003	0.004	0.23	0.001	0.23	0.03	0.0009	0.007	0.0040	0.47			
	D	0.31	0.25	0.56	0.004	0.002	0.003	0.22	0.05	0.27	0.05	0.0024	0.012	0.0019		1.25		
	E	0.29	0.37	1.27	0.002	0.004	0.003	0.08	0.03	0.09	0.02	0.0018	0.006	0.0034			1.25	
	F	0.33	0.72	0.74	0.008	0.002	0.003	0.12	0.06	0.18	0.03	0.0040	0.005	0.0028			0.78	
	G	0.29	0.28	0.56	0.005	0.001	0.006	0.012	0.24	0.25	0.02	0.0018	0.007	0.0028				0.0011
	H	0.22	0.41	1.01	0.002	0.003	0.003	0.15	0.01	0.16	0.07	0.0026	0.006	0.0021		0.56	0.75	0.21
	I	0.31	0.55	0.88	0.009	0.002	0.002	0.14	0.08	0.22	0.03	0.0034	0.005	0.0022		0.55	0.17	0.0012
	J	0.14	0.75	0.51	0.004	0.001	0.004	0.16	0.05	0.21	0.03	0.0025	0.005	0.0028				
比 較 鋼	K	0.49	0.34	0.29	0.009	0.002	0.004	0.22	0.01	0.23	0.02	0.0015	0.014	0.0055				
	L	0.28	1.39	0.57	0.002	0.001	0.003	0.25	0.02	0.27	0.03	0.0018	0.006	0.0041				
	M	0.25	0.77	2.55	0.009	0.002	0.004	0.18	0.03	0.21	0.02	0.0022	0.005	0.0040				
	N	0.31	0.51	0.87	0.038	0.001	0.003	0.25	0.03	0.28	0.04	0.0027	0.004	0.0033				
	O	0.27	0.64	1.00	0.009	0.018	0.004	0.12	0.13	0.25	0.03	0.0038	0.004	0.0029				
	P	0.29	0.51	0.39	0.008	0.001	0.017	0.07	0.21	0.28	0.03	0.0021	0.006	0.0041				
	Q	0.38	0.38	0.88	0.006	0.001	0.003	0.001	0.19	0.19	0.08	0.0019	0.003	0.0051				
	R	0.32	0.44	0.54	0.009	0.002	0.004	0.35	0.001	0.35	0.03	0.0029	0.003	0.0049				
	S	0.29	0.47	0.78	0.003	0.001	0.002	0.02	0.02	0.04	0.02	0.0030	0.011	0.0020				
	T	0.27	0.81	0.81	0.007	0.003	0.004	0.21	0.28	0.49	0.03	0.0031	0.008	0.0052				
鋼	U	0.33	0.42	0.51	0.002	0.003	0.004	0.18	0.05	0.23	0.002	0.0027	0.008	0.0039				
	V	0.27	0.54	0.41	0.007	0.004	0.005	0.19	0.05	0.24	0.15	0.0022	0.004	0.0025				
	W	0.35	0.37	0.59	0.009	0.001	0.002	0.22	0.03	0.25	0.02	0.0001	0.004	0.0035				
	X	0.25	0.55	0.44	0.006	0.002	0.003	0.11	0.05	0.16	0.03	0.0070	0.005	0.0045				
	Y	0.29	0.74	0.66	0.005	0.003	0.004	0.15	0.09	0.24	0.04	0.0024	0.029	0.0041				
	Z	0.35	0.28	1.05	0.005	0.002	0.003	0.11	0.12	0.23	0.04	0.0022	0.004	0.0100				

【0029】

【表2】

	鋼	板厚 (mm)	製造方法	0℃での吸 収エネルギー (J/cm ²)	25℃での 硬さ (HV)	300℃での 硬さ (HV)	MgOを核とする 複合析出物 (×10 ³ 個/mm ²)	25℃での 耐摩耗性 評価指数	300℃での 耐摩耗性 評価指数
本 発 明 鋼	A	24	直接焼入れ	112.1	419	384	21.5	2.8	3.3
	B	6	制御圧延-制御冷却	42.7	504	428	9.8	3.3	3.1
	C	12	直接焼入れ	40.6	478	431	19.7	3.0	3.8
	D	100	再加熱焼入れ	51.5	503	405	26.8	3.0	3.4
	E	32	再加熱焼入れ	55.3	487	391	18.0	2.9	3.5
	F	24	制御圧延-制御冷却	40.1	509	434	27.7	3.2	3.9
	G	50	再加熱焼入れ	37.5	506	412	34.6	3.3	3.7
	H	32	再加熱焼入れ	75.2	467	391	15.2	2.9	3.5
	I	32	再加熱焼入れ	57.2	491	424	29.1	3.2	3.8
比 較 鋼	J	32	再加熱焼入れ	108.6	365	346	8.9	1.5	1.6
	K	32	制御圧延-制御冷却	5.5	527	418	<1	2.7	2.6
	L	24	再加熱焼入れ	8.8	466	436	10.5	2.6	3.2
	M	24	再加熱焼入れ	10.1	412	301	6.8	2.3	2.7
	N	24	再加熱焼入れ	7.9	472	410	22.5	2.9	3.4
	O	32	再加熱焼入れ	8.1	446	418	15.8	2.4	3.0
	P	20	再加熱焼入れ	31.5	497	423	<1	2.1	2.1
	Q	32	制御圧延-制御冷却	10.2	518	403	<1	2.4	2.0
	R	32	再加熱焼入れ	9.1	434	396	3.1	2.4	2.9
鋼	S	12	再加熱焼入れ	52.3	511	395	<1	2.6	2.2
	T	32	再加熱焼入れ	4.9	416	393	7.5	2.3	2.8
	U	24	再加熱焼入れ	12.5	507	428	23.1	3.1	3.6
	V	20	再加熱焼入れ	11.9	466	404	6.0	2.4	2.9
	W	24	再加熱焼入れ	8.8	436	417	<1	1.9	1.9
	X	24	再加熱焼入れ	8.2	421	401	<1	1.8	2.0
	Y	32	再加熱焼入れ	5.0	479	412	<1	2.1	2.4
	Z	24	再加熱焼入れ	7.9	508	435	<1	2.4	2.2

【0030】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、MgO を核としてその周辺にTiC、TiN、VCおよびVNの1種または2種以上の炭化物、窒化物を有する大きさが0.1～1 μmの複合析出物を鋼中に微細分散させることにより、

摩擦熱や雰囲気温度によって材料温度が高温にさらされる過酷な環境下において、それに耐える十分な高温耐摩耗性と、かつ摩耗により減厚されても割れを生じないための高い靱性をあわせて有する、安価で優れた鋼材が得られ、その工業上の寄与は極めて大きい。